

徳島大学大学院 学生員 廣本 勝昭

徳島大学工学部 正 員 吉田 弘

徳島大学工学部 正 員 端野 道夫

1. はじめに 森林土壌の有する水質浄化機能を評価し、流域からの物質流出を議論するためには、その前提条件として土壌にもたらされる物質負荷量の定量的な把握¹⁾が不可欠となる。また、降雨遮断過程で雨水水質が変化することから、樹木自身に水質緩衝能があるとされている。しかし、現状ではほとんど定量的な議論がなされていない。著者らのグループでは、降雨遮断過程における溶存物質の移動機構をモデリングし、学内実験結果を適用したところ、陰イオンの挙動については概ね把握することができた²⁾。そこで、本報告ではモデルを学内実験で得られた陽イオンデータに適用し、モデルを通したリーチング量の評価を試みた。

2. 遮断水質タンクモデルの概要 「溶存物質の移動は、雨水流動にともなって起こる」という基本仮定のもとに、遮断水質タンクモデル(図-1)を構築した。本モデルは、著者らのグループで開発した降雨遮断タンクモデル³⁾を基礎としており、降雨遮断過程における雨水流動に物質の移動を連係させることで、物質の移動を表現している。モデルは、森林樹木の枝葉の部分を表す「樹冠タンク」と幹の部分を表す「樹幹タンク」の2つで構成されている。また、雨滴の衝撃効果を表現するため、降雨中と降雨終了後では異なる構造を採用している。物質収支式を図-2に示す。各タンクの収支式(1)、(2)では、1)雨水流動にともなう物質の移流、2)乾性沈着物質の雨水による洗脱と降雨終了後の乾性沈着、および3)樹体からの物質の溶出(リーチング)の3つの過程が考慮されている。計算手順としては、まず各タンク内で逐次、水収支と物質収支の計算を行い、タンク内濃度を算定する。続いて、各タンクからの移流成分にそのタンク内

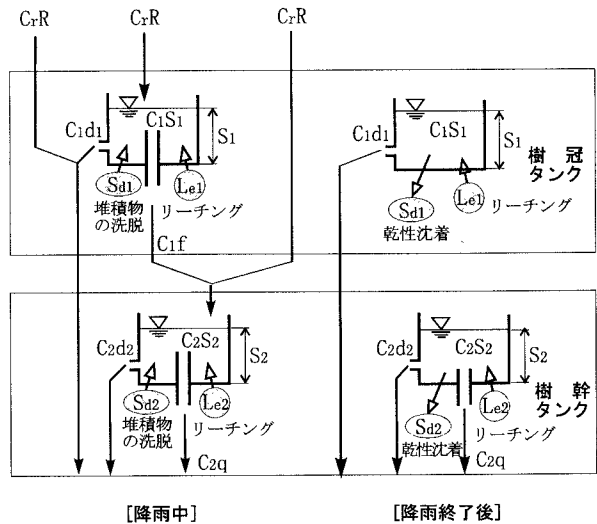


図-1 遮断水質タンクモデル

[樹冠タンク]

$$\frac{d}{dt}(C_1 \cdot S_1) = C_r \cdot r - C_1 \cdot d_1 - C_1 \cdot f + L_{e1} + S_{d1} \quad (1)$$

$$L_{e1} = \beta_1 \frac{S_1}{h_a}$$

[樹幹タンク]

$$\frac{d}{dt}(C_2 \cdot S_2) = C_r \cdot r + C_1 \frac{P_1}{P_2} f - C_2(d_2 + q) + L_{e2} + S_{d2} \quad (2)$$

$$L_{e2} = \beta_2 \frac{S_2}{h_c}$$

ここに、 r :降雨強度($\text{mm} \cdot \text{hr}^{-1}$), S_1, S_2 :各タンクの貯留水深(mm), d_1, d_2 :各タンクからの滴下強度($\text{mm} \cdot \text{hr}^{-1}$), f :樹冠タンクから樹幹タンクへの流下強度($\text{mm} \cdot \text{hr}^{-1}$), q :樹幹流下強度($\text{mm} \cdot \text{hr}^{-1}$), C_r :降雨濃度($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$), C_1, C_2 :各タンクの貯留水濃度($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$), L_{e1}, L_{e2} :各タンクにおける樹体からの物質溶出量($\text{mg} \cdot \text{hr}^{-1}$), P_1, P_2 :樹冠および樹幹部射影面積の規準面積に占める割合, h_a :樹冠タンクの滴下発生限界貯留水深(mm), h_c :樹幹タンクの樹幹流発生限界貯留水深(mm), β_1, β_2 :各タンクにおける物質溶出係数, S_{d1}, S_{d2} :1つ前の降雨イベントから繰り越された堆積物質量(mg),あるいは降雨終了後の乾性沈着物質量(mg)

図-2 各タンクでの物質収支式

濃度を乗じることで、移流成分によって運ばれる物質負荷量が求められる。各モデルパラメータについては、樹幹流濃度の推定誤差を最小にするような値の組み合わせを最適化手法を用いて探索する。

3. モデル計算結果 1994年10月21日に徳島大学キャンパス内でクスノキを対象として観測した溶存物質データに本モデルを適用した。解析対象物質としては、雨水による移流成分が主となる Cl^- とリーチングの発生が予想される K^+ とを選定した。図-3 および図-4 に Cl^- および K^+ の物質収支をそれぞれ示す。図中の堆積物の洗脱成分は、無降雨期間に枝葉や幹に堆積し雨水とともに移流する成分で、乾性沈着量成分は降雨終了後に再び枝葉や幹に乾性沈着する成分を表す。 Cl^- についてみると、リーチングの発生が樹幹タンクで若干推定されたものの、物質移動に寄与する割合はごくわずかである。このため物質の移動の大部分は、ほぼ雨水流動にともなう堆積物質の移流に支配されていると考えられる。各タンクの堆積物質質量が異常に高い値を示しているのは、市街地に位置する樹木を調査の対象としたため、鳥類の糞等の影響が大きかったことによると考えられる。つぎに、 Cl^- の挙動を踏まえた上で、 K^+ の収支についてみると、各タンクで降雨負荷よりも多量なリーチングが発生し、物質移動に寄与する割合も大きい。このことは、樹冠通過雨および樹幹流でリーチングによる K^+ 濃度の上昇⁴⁾が報告されていることから、妥当な結果と考える。一方、各タンクの堆積物質質量は、枝葉よりも幹のほうが多く推定されている。しかし、 Cl^- の結果から堆積物質質量は幹よりも枝葉に多いと考えられるので、この点について説明することができない。リーチング量が過小評価され、その一部が堆積物質として評価されている可能性も考えられるが、陰イオンの移動が引き金となって、堆積ではなく枝葉や幹の表面に吸着されている陽イオンが遊離する可能性も考えられる。今後は、実際の樹木で堆積物質質量やリーチング量を測定する実験を行い、その結果を通してモデル構造の詳細な検討を進めていく予定である。

4. おわりに 遮断水質タンクモデルを Cl^- および K^+ を対象とした短期間のデータに適用して検証を行った。挙動の単純な Cl^- の結果からモデル構造の基本的な見通しが立ったと考える。一方、挙動の複雑な K^+ をはじめとする陽イオンについては、リーチング実験を通してモデル内部の物質動態について詳細な検討が必要である。

参考文献 1) たとえば、Matsubayashi et al., 水工学論文集, 38, pp. 57-62, 1994. 2) 廣本ら, 水文・水資源学会研究発表会要旨集, pp. 100-101, 1995. 3) 吉田ら, 水文・水資源学会誌, 6(1), pp. 19-30, 1993. 4) たとえば、西村, 日林誌, 55(11), pp. 323-333, 1973.

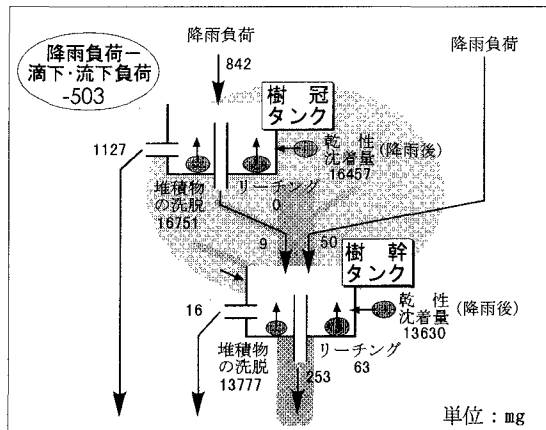


図-3 Cl^- の物質収支

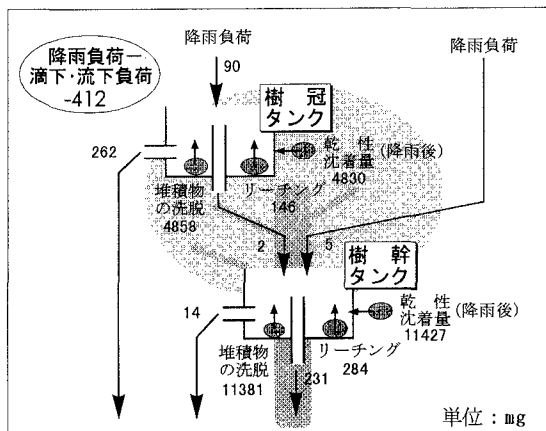


図-4 K^+ の物質収支